

**(19) Korea Industrial Property Office (KR)**  
**(12) Unexamined Patent Publication Bulletin (A)**

(51) <sup>o</sup> Int. Cl. <sup>6</sup>  
 G02B 6/00

(11) Laid-Open Disclosure No. Patent 2000-0027961  
 (43) Laid-Open Disclosure

(21) Application No. 10-1998-00460125

(22) Application Date October 30, 1998

(71) Applicant Byung-kyu LEE, Kwangwon [Light Source] Corporation, Ltd.

(72) Inventor Kyung-whan OH  
 70-15 Munjeong-dong, Songpa-ku, Seoul, Korea

(74) Agent Jin-seok HUR  
 1563-8 Seocho-dong (Haecheong Villa #1-203), Secho-ku, Seoul, Korea

[illegible line]

**(54) Optic Device Using a Core in Which Er Ions and Tm Ions Are Doped together**

Abstract

This invention relates to an optic amplifier and an optic source using a core in which Er and Tm ions are jointly doped.

This invention is comprised of an optic wave path having a core in which two rare earth ions, i.e. Er and Tm ions, are simultaneously doped, wherein optic pumping is performed using an optic pumping source of single wavelength or two wavelengths.

[illegible]

[illegible]

SPECIFICATION [*barely legible*]

*Brief Description of the Drawings* [*barely legible*]

Fig. 1 illustrates the structure of optic fiber used in the preferred embodiment of this invention;

Fig. 2 shows a graph representing the spectrum of rear amplified self-emitting light of the silicon oxide glass optic fiber, in which Er and Tm ions are doped together, which is manufactured to be used in the preferred embodiment of this invention;

Fig. 3 is a schematic diagram showing the optic fiber amplifier in accordance with one preferred embodiment of the invention;

Fig. 4 is a drawing designed to describe the basic principle on the transfer of energy from Er ion to Tm ion.

*Detailed Description of the Invention [hardly legible]*

[illegible]

[illegible: Description of the Prior Art and Associated Problems?]

This invention relates to optic device, more particularly to optic amplifier and optic source.

At the present time, in the field of optic communications, a method of Wavelength Division Multiplexing (hereinafter, "WDM") is under study as an important method of transport. As an important part of this method, a study on optic amplifiers is also pursued vigorously. The required characteristic of an optic amplifier in this respect is to provide a wide gain band, for which the following research and development activities are performed.

First, there is a method of using an EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) based on silica glass, and combining two parallel EDFA terminals respectively having gains on different wavelength bands, thereby concurrently providing the conventional gain band and the long wavelength gain band as well.

Second, there is a method of using a low phonon energy based on TeC2, i.e. a heavy metal oxide glass, to provide a gain band of 1530~1610nm. as was presented in 1997 by A. Mori, et al. at the Optical Fiber Communications Society under the title, "1.5um broadband amplification using EDFA's of tellurite mechanism."

Also thirdly, there is a method of using a number of high-power amplifier pumps to provide broad gain band, wherein the amplifiers used are Raman amplifiers using stimulated Raman scattering to convert pumped optic elements into the stoke shift band.

In addition to these three methods, a study is under way to explore a hybrid optic amplifier combining all of these methods.

However, these directions of study have respective demerits. In the first case, referenced in the above, the amplifier must have various optic elements such as optic fiber grid and circulator inside of the amplifier, and also for optic pumping, it requires a number of laser diodes of 980nm and 1480nm.

In the second case, due to difference in glass composition, it requires mechanical interconnection with the generally used silica-based single mode optic fiber. As a result, this method may degrade mechanical reliability, since it cannot provide seamless fusion interconnection with generally used stable and proven optic fiber.

Also, in the third case, the operation of the amplifier requires non-linear effect, thereby requiring high-strength pumping of 1W or higher. When gain band is broadened, it requires a number of pumps emitting pumping lights of various wavelengths of the equivalent strength.

*Technical Problems this Invention Purport to Solve [barely legible]*

Accordingly, the technical object of this invention is to provide broadband optic amplifier and optic source while at the same time adopting a relatively small number of optic elements.

Another technical object of this invention is to provide optic amplifier and optic source capable of effectively amplifying or emitting lights even when a pumping means of a relatively low strength.

*Detailed Description of the Invention [barely legible]*

To accomplish said technical objects, the optic amplifier and optic source in accordance with this invention are comprised of an optic wave path having a core in which two rare earth ions, i.e. Er and Tm ions, are simultaneously doped, wherein optic pumping is performed using an optic pumping source of single wavelength or two wavelengths

More specifically, the optic amplifier in accordance with this invention is comprised of an optic wave path having a core in which Er and Tm ions are simultaneously doped; the means of optic pumping optically interconnected with said optic wave path to excite said ions; the means of inputting into said optic wave path the light to be amplified;

Herein, it is possible to construct an optic fiber amplifier by using glass optic fiber for glass optic wave path. In this case, it is acceptable to connect the optic pumping means to at least one end of the two terminals of the optic fiber, so that the excitement of Er ions by said optic pumping means alone can transfer the energy therefrom to Tm ions. Or, it is also acceptable to provide separate optic pumping means to be respectively connected to at least one end of the two terminals of the optic fiber, so that said optic pumping means can respectively excite said Er and Tm ions.

In case the means of optic pumping is provided in this manner, it is desirable to provide that the optic pumping means to excite Er ions emit pumping light of any one of the wavelengths selected from a group of wavelengths comprised of 800, 980, and 1480nm and that optic pumping means to excite Tm ions emit pumping light of any one of the wavelengths selected from a group of wavelengths comprised of 780, and 1000~1200nm.

Also, it is desirable to provide the ion contents of 100~3000ppm of Er and Tm ions doped into the core. It is also acceptable to add to the core the ions of any one of the elements selected from a group of rare earth elements comprised of Yb, Ho, Pr, and Tb.

Also, the optic source in accordance with this invention is comprised of: glass optic path having a core in which Er and Tm ions are doped together; optic pumping means optically connected to said optic wave path; and means of outputting the light from said optic wave path. At this time, it is also acceptable to add to the core the ions of any one of the elements selected from a group of rare earth elements comprised of Yb, Ho, Pr, and Tb. And it is possible to construct an optic fiber amplifier by using glass optic fiber for glass optic wave path.

Also, it is possible to use an optic wave path as part of the oscillator to output the laser output light, in which case it is possible to construct a optic fiber amplifier by using glass optic fiber for glass optic wave path.

The preferred embodiment of this invention will now be described hereunder with reference to the accompanying drawings.

Fig. 1 illustrates the structure of optic fiber used in the preferred embodiment of this invention. Fig. 1 shows the entire core (10) of optic fiber, Er<sub>3</sub> and Tm<sub>3</sub> ions are doped. This is a glass area with high refraction. The area of cladding (20) where said ions are not doped is a glass area with low refraction. In some cases, only a part of the core can be doped with Er<sub>3</sub> and Tm<sub>3</sub>. The ion contents range of Er and Tm were all 100~3000ppm. The numerical aperture range of optical fiber was 0.1~0.3. LP11 mode shield wavelength range was 700~1200nm. The outer perimeter of the core was 2~10um.

Fig. 2 shows a graph representing the spectrum of rear amplified self-emitting light of the silicon oxide (SiO<sub>2</sub>) glass optic fiber. The whole or a part of this optic fiber was manufactured by CVD (Chemical Vapor Deposition) using P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and G<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Tm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> were are simultaneously doped by using a generally used method of element doping. The whole or a part of cladding was manufactured by Chemical Vapor Deposition using P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, F, and B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. A reference to Fig. 2 shows that the spectrum proper of Er ion is shown over the spectrum of 1530~1560nm, and in addition, shown overlapping with the spectrum proper of Tm ion in the proximity of 1480nm and 1600nm.

Fig. 3 is a schematic diagram showing the optic fiber amplifier in accordance with one preferred embodiment of the invention.

A reference to Fig. 3 shows that the means of optic pumping are combined through the front WDM combiner (320) and the rear WDM combiner (322) located at the both ends of the glass optic fiber (310) having a core into which Er ions and Tm ions are jointly doped. For optic pumping, respectively two pumps, i.e. the 1<sup>st</sup> and the 2<sup>nd</sup> optic pumps (330 and 332) are provided in the front and rear of the optic fiber (310) to pump Er and Tm ions. The pumped lights

therefrom are respectively combined by the first WDM combiner (340) and the second WDM combiner (342). The first optic pump emits the pumping lights with wavelength of 800, 980, or 1480nm to excite Er ions, and the second optic pump emits the pumping lights with wavelength of 780, or 1000~1200nm to excite Tm ions.

The referential numbers 350 and 352 in the drawings, which are not described, indicate optical isolators to shield rear reflective lights.

The optic fiber amplifier constructed in this manner is capable of providing wide wavelength bands due to Er and Tm ions having gains over different wavelength bands.

Of course, it is possible to construct the optic amplifier to adopt only the optic pumps that pump Er ions. In this case, Tm ions are not directly pumped. Instead, a mechanism is used to pump Er ions first and then to transfer the energy thereof from Er ions to Tm ions. This method has the advantage of simplifying the optic pump structure of the optic amplifier.

Fig. 4 illustrates the basic principle of such mechanism on the transfer of energy from Er ion to Tm ion. The pumping wavelength of Er ions is 800, 980, or 1480nm. By means of pumping optic element, Er ions, in an excited state, performs non-radial transition to the higher laser level of  $4I_{13/2}$ . At this level, a radial transition to the base level of  $4I_{13/2}$ , and forms a gain band in the proximity of 1.5 $\mu$ m. By the way, when there are Tm ions around Er ions, energy can be transferred from the higher Er ion laser level of  $4I_{13/2}$  to the higher Tm ion laser level of  $3H_4$ . In other words, if Er ions are excited by using the pumps of 800, 980, or 1480nm, it is possible to provide a wide band amplifier by simultaneously obtaining gain of 1.5 $\mu$ m band from Er ions, gain of 1.6~2.0 $\mu$ m band from Tm ions. Also, it is possible to pump Er and Tm ions independently. In other words, it is possible to provide the gain of 1.5 $\mu$ m band and of 1.6~2.0 $\mu$ m band, if Er ions are pumped using one of the wavelength lights of 800, 980, or 1480nm, and the same time, Tm ions are pumped using either of the two wavelength lights of 780 or 1.1 $\mu$ m.

#### *Effect of the Invention*

This invention can provide broadband optic amplifier and optic source while at the same time adopting a relatively small number of optic elements, and hence it is appropriate for miniaturization of the device.

Also, the mechanism of transfer of energy from Er ions to Tm ions, it is possible to reduce the number of optic pumping means, and to effectively operate the apparatus even with a pumping means of a relatively low strength.

#### *Scope of the Patent Claims*

**Claim 1.** An optic amplifier having a glass optic wave path having a core, in which Er and Tm ions are jointly doped; means of optic pumping optically connected to said optic wave path to excite said ions; means of inputting into said optic wave path the lights to be amplified; and means of outputting the amplified lights from said optic wave path.

**Claim 2.** The optic amplifier in claim 1, wherein said glass optic wave path is a glass optic fiber.

**Claim 3.** The optic amplifier in claim 2, wherein said optic pumping means are connected to at least one end of the two terminals of the optic fiber to excite said Er ions.

**Claim 4.** The optic amplifier in claim 2, wherein said optic pumping means are separately provided to respectively excite said Er ions and Tm ions, and are connected to at least one end of the two terminals of said optic fiber.

**Claim 5.** The optic amplifier in claim 4, wherein the optic pumping means to excite said Er ions emit pumping light of any one of the wavelengths selected from a group of wavelengths comprised of 800, 980, and 1480nm and that optic pumping means to excite Tm ions emit pumping light of any one of the wavelengths selected from a group of wavelengths comprised of 780, and 1000~1200nm.

**Claim 6.** The optic amplifier in claim 1 or claim 2, wherein the doped contents of Er and Tm ions are all within the range of 100~3000ppm.

**Claim 7.** The optic amplifier in claim 1 or claim 2, wherein said core has the ions of any one of the elements selected from a group of rare earth elements comprised of Yb, Ho, Pr, and Tb.

**Claim 8.** An optical source having a glass optic wave path comprised of a core jointly doped with Er and Tm ions; the means of optic pumping optically interconnected with said optic wave path to excite said ions; and means of outputting the light from said optic wave path.

**Claim 9.** An optical source in claim 8, wherein said core has the ions of any one of the elements selected from a group of rare earth elements comprised of Yb, Ho, Pr, and Tb.

**Claim 10.** An optical source in claim 8 or claim 9, wherein said optic wave path is glass optic fiber.

**Claim 11.** An optical source in claim 8 or claim 9, wherein said optic wave path works as part of the oscillator to output the laser output light.

**Claim 12.** An optical source in claim 11, wherein said optic wave path is glass optic fiber.

#### *Drawings*

*Fig. 1*

[see source for 2 drawings]

*Fig. 2*

Light strength (dBm)

---

Wavelength (nm)

*Fig. 3*

*Fig. 4*

Energy ( $10^3 \text{ cm}^{-1}$ )

(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

G02B 6 /00

(11) 공개번호

특2000-0027961

(43) 공개일자

2000년 05월 15일

(21) 출원번호 10-1998-0046025

(22) 출원일자 1998년 10월 30일

(71) 출원인 주식회사 광원코퍼레이션 이경규

(72) 발명자 서울특별시 송파구 문정동 70-15  
오경환

(74) 대리인 서울특별시 서초구 서초동 1563-8 해청빌라 1-203  
허진석

(54) 어븀이온 및 툴륨이온이 공동 첨가된 코어를 이용한 광소자

본 발명은 어븀이온 및 툴륨이온이 공동 첨가된 코어를 이용한 광 증폭기 및 광원에 관한 것이다. 본 발명은, 다른 이득 대역을 갖는 두 희트류 이온, 즉 어븀이온과 툴륨이온을 동시에 첨가한 코어를 갖는 광도파로에 단일 파장 또는 2개의 파장의 광펄핑원으로 광펄핑을 행하는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 따르면, 장치를 소형화할 수 있을 뿐 아니라 적은 전력에서 동작하는 광펄프로도 장치를 동작시킬 수 있다는 장점이 있다.

도 1

도 2

도 3

도 4

도 1은 본 발명의 실시예에 사용되는 광섬유 구조를 도식화하여 나타낸 것:

도 2는 본 발명의 실시예에 사용하기 위해 제조된, Er과 Tm이 공동 첨가된 산화규소 유리 광섬유의 후방 증폭 자발광의 스펙트럼을 나타낸 그래프:

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 광섬유 증폭기를 나타낸 개략도:

도 4는 Er이온에서 Tm이온으로의 에너지 전달에 대한 기본 원리를 설명하기 위한 도면이다.

본 발명은 광소자에 관한 것으로서, 상세하게는 광 증폭기 및 광원에 관한 것이다.

현재, 광통신 시스템에서는 중요한 전송방식으로 파장 분할 다중(Wavelength Division Multiplexing: 이하 'WDM') 방식이 연구되고 있는데, 이 방식에서 중요한 구성요소로서 광 증폭기 연구 또한 활발히 이루어지고 있다. 여기에서 요구되는 광 증폭기의 특성은 넓은 이득대역을 가져야 한다는 것인데, 이를 위해 지금까지 다음과 같은 방향으로 연구개발이 이루어지고 있다.

첫째, 실리카 유리를 바탕으로 한 EDFA(Erbium Doped Fiber Amplifier)를 사용하되, 각기 다른 파장대역에서 이득을 갖는 두 개의 병렬 EDFA단을 조합함으로써 종래의 이득대역 및 장파장 이득대역을 동시에 갖도록 하는 방법이 있다.

둘째, A. 모리 등이 1997년 광섬유학회(Optical fiber communication)에서 '텔레라이트 기재의 EDFA들을 이용한 1.5 $\mu$ m 광대역 증폭'이라는 제하로 발표한 바와 같이, 증금속 산화물 유리인 TeO<sub>2</sub>를 바탕으로 낮은 펄스 에너지를 이용하여 1530 ~ 1610nm의 이득대역을 갖도록 하는 방법이 있다.

또한, 셋째, 펌프 광자를 스토크 이동 대역(Stoke shift band)으로 전환하는 유도 라만 산란(Stimulated Raman Scattering)을 이용한 라만 증폭기로서, 여러 개의 고출력 펌프를 사용하여 광 이득대역을 갖도록 하는 방법이 있다.

위의 세 가지 방법 이외에도 이들을 조합한 혼성 광 증폭기에 대한 연구가 진행되고 있다.

그러나, 상기 연구방향은 각각 단점을 가지고 있는데, 첫째의 경우, 증폭기의 내부에 여러 가지 광소자, 예컨대 광섬유격자, 순환기(circulator) 등이 필수적으로 포함되어야 하며, 광펌핑을 위해서도 980nm, 1480nm의 레이저 다이오드가 여러 개 필요하다.

둘째의 경우, 다른 유리 조성 때문에 실리카로 이루어진 통신용 일반 단일모드 광섬유와의 접속이 기계식으로 이루어진다. 따라서, 안정적이고 검증된 일반 광섬유와의 용착접속이 불가능하므로 기계적 신뢰성이 저하될 수 있다.

또한, 셋째의 경우, 증폭기의 동작에 비선형 효과가 이용되기 때문에 1W 이상의 강한 펌프 세기가 요구되며 이득대역을 넓힌 경우 그와 같은 세기로 여러 파장의 펌핑광을 방출하는 펌프가 다수 필요하게 된다.

#### 본 발명의 목적, 특징, 효과

따라서, 본 발명의 기술적 과제는 비교적 적은 개수의 광소자를 채용하면서도 광대역특성을 가지는 광 증폭기 및 광원을 제공하는 데 있다.

본 발명의 다른 기술적 과제는 비교적 약한 세기를 갖는 펌핑수단을 사용하더라도 유효하게 광을 증폭하거나 방출할 수 있는 광 증폭기 및 광원을 제공하는 데 있다.

상기한 기술적 과제들을 달성하기 위한 본 발명의 광 증폭기 및 광원은 서로 다른 이득대역을 갖는 두 희토류 이온, 즉 어븀(Er)이온과 툴륨(Tm)이온을 동시에 첨가한 코어를 갖는 광도파로에 단일 파장 또는 2개의 파장의 광펌핑원으로 광펌핑을 행하는 것을 특징으로 한다.

구체적으로, 본 발명의 광 증폭기는: Er 이온과 Tm 이온이 공동으로 첨가된 코어를 가지는 유리 광도파로와; 상기 이온들을 여기시키기 위해 상기 광도파로에 광학적으로 접속된 광 펌핑수단과; 상기 광도파로에 증폭될 광을 입력시키는 수단과; 상기 광도파로부터 증폭된 광을 출력하는 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

여기서, 유리 광도파로를 유리 광섬유로 선택하여 광섬유 증폭기를 구성할 수도 있다. 이 경우, 광 펌핑수단이 Er 이온만을 여기시키고 그 에너지를 Tm 이온에 전달하게 하도록 상기 광 펌핑수단을 광섬유의 양단의 적어도 한쪽에 접속시켜도 좋다. 아니면, 광 펌핑수단이 상기 Er 이온 및 Tm 이온을 각각 여기시키도록, 각각의 광 펌핑수단을 별개로 마련하여, 광섬유의 양단의 적어도 한쪽에 접속시켜도 좋다.

이와 같이 광 펌핑수단을 마련할 경우에, Er 이온을 여기시키기 위한 광 펌핑수단은 800, 980 및 1480nm로 구성된 파장군으로부터 선택된 어느 하나의 파장의 펌핑광을 방출하며, 상기 Tm 이온을 여기시키기 위한 광 펌핑수단은 780, 1000~1200 nm의 파장범위에서 선택된 어느 하나의 파장의 펌핑광을 방출하도록 하는 것이 바람직하다.

한편, 코어에 첨가되는 Er 이온 및 Tm 이온의 농도는 모두 100~3000ppm인 것이 바람직하며, 이 코어에 이터븀(Yb), 홀름(Ho), 프라세오디움(Pr) 및 터븀(Tb)으로 구성된 희토류 원소군으로부터 선택된 어느 하나의 원소의 이온을 더 첨가할 수도 있다.

한편, 본 발명의 광원은: Er 이온과 Tm 이온이 공동으로 첨가된 코어를 가지는 유리 광도파로와; 상기 이온들을 여기시키기 위해 상기 광도파로에 광학적으로 접속된 광 펌핑수단과; 상기 광도파로부터 광을 출력하는 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다. 이 때, 코어에 Yb, Ho, Pr 및 Tb로 구성된 희토류 원소군으로부터 선택된 어느 하나의 원소의 이온을 더 첨가하여도 좋다. 상기 광도파로를 유리 광섬유로 선택하여 광섬유 광원을 구성할 수도 있다.

또한, 광도파로가 공진기의 일부에 해당하도록 하여 레이저 출력광을 방출하도록 할 수도 있고, 이 경우, 광도파로를 유리 광섬유로 선택하여 광섬유 레이저를 구현할 수 있다.

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 설명한다.

도 1은 본 발명의 실시예에 사용되는 광섬유 구조를 도식화하여 나타낸 것이다. 도 1은 광섬유 코어(10) 전체에  $Er_3$  및  $Tm_{33}$ 를 첨가한 상태를 나타낸 것으로서, 이 부분은 굴절률이 높은 유리부분이며, 상기 이온들이 첨가되지 않은 클래딩(20)은 굴절률이 낮은 유리부분이다. 경우에 따라서는 코어의 일부에만  $Er_3$  및  $Tm_{33}$ 를 첨가할 수도 있다. 코어에 첨가된 Er 이온 및 Tm 이온의 농도는 모두 100~3000ppm이었으며, 광섬유의 개구수(numerical aperture)는 0.1~0.3, LP11 모드 차단파장은 700~1200nm, 코어의 외경은 2~10 $\mu$ m였다.

도 2는 본 발명의 실시예에 사용하기 위해 제조된 산화규소( $SiO_2$ ) 유리 광섬유의 후방 증폭 자발광의 스펙트럼을 나타낸 그래프이다. 이 광섬유의 코어의 전체 또는 일부가  $PbO_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $GeO_2$ 를 이용한 화학기상 증착공정(Chemical Vapor Deposition)에 의해 제조되었고, 여기에  $Er_2O_3$ ,  $Tm_2O_3$ 가 동시에 일반적 희토류 원소 첨가방법에 의해 첨가되었다. 클래딩의 전체 또는 일부는  $PbO_3$ , F,  $B_2O_3$ 를 이용한 화학기상 증착공정에 의해 제조되었다. 도 2를 참조하면, 980nm의 레이저 다이오드로 광펌핑했을 때, Er 이온의 고유한 스펙트럼이 1530~1560nm 대역에서 보이는 것 이외에 1480nm와 1600nm 부근에서 Tm 이온의 고유한 스펙트럼 합쳐져 보이는 것을 알 수 있다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 광섬유 증폭기를 나타낸 개략도이다.

도 3을 참조하면, Er 이온과 Tm 이온이 공동으로 첨가된 코어를 가지는 유리 광섬유(310)의 양단에 위치한 전방 WDM 결합기(320)와 후방 WDM 결합기(322)를 통해 광펌핑수단이 결합된다. 광펌핑을 위해서 광섬유(310)의 전방과 후방에, Er 이온과 Tm 이온을 펌핑하는 각각 2개의 제1 및 제2 광펌프(330, 332)가 마련되는데, 여기서 나오는 펌핑광들은 제1 WDM 결합기

(340)와 제2 WDM 결합기(342)에 의해 각각 결합된다. 제1 광펌프는 800, 980 또는 1480nm 파장의 펌핑광을 방출하여 Er 이온을 여기시키며, 제2 광펌프는 780 또는 1000~1200nm의 파장범위 내의 파장을 가지는 펌핑광을 방출하여 Tm이온을 여기시킨다.

도면 중의 설명되지 않은 참조번호 350 및 352는 후진 반사광을 차단하기 위한 광 고립기(optical isolator)이다.

이와 같이 구성된 광섬유 증폭기는 각기 다른 파장대역에서 이득을 갖는 Er 이온과 Tm이온 때문에 광파장대역 특성을 구현할 수 있다.

물론, 광펌핑 시에 Er이온만을 펌핑하는 광펌프를 채용하도록 광 증폭기를 구성할 수도 있는데, 이 때에는, Tm이온을 직접 펌핑하지 않고 Er이온만을 펌핑한 후 그 에너지를 Er이온에서 Tm이온으로 전달하는 메커니즘을 이용한다. 이 경우에는 광 증폭기의 광펌프구조를 단순화시킬 수 있다는 장점이 있다.

이와 같이, Er이온에서 Tm이온으로 에너지를 전달하는 메커니즘에 대한 기본 원리를 도 4에 나타내었다. Er이온의 펌핑 파장은 800, 980 또는 1480nm이며, 펌프 광자에 의해 Er이온은 여기상태에서 상위 레이저 레벨  $J_{1,3/2}$ 로 비방사천이를 한다. 이 레벨에서 기저상태  $J_{1,15/2}$ 로 방사천이를 하면서  $1.5\mu\text{m}$  부근에서 이득대역을 형성한다. 그런데, Er이온 주위에 Tm이온이 있을 경우, Er이온의 상위 레이저 레벨  $J_{1,3/2}$ 로부터 Tm이온의 상위 레이저 레벨  $J_{2,3/2}$ 로 에너지가 전달될 수 있다. 즉, 800, 980 또는 1480nm의 펌프로 Er이온을 여기시키면 동시에 Er이온으로부터  $1.5\mu\text{m}$  대역의 이득을, Tm이온으로부터  $1.6\sim 2.0\mu\text{m}$  대역의 이득을 얻어 광대역 증폭기를 구현할 수 있다. 또한, Er이온과 Tm이온을 독립적으로 펌핑하는 방법도 가능한데, 즉 Er이온을 800, 980 또는 1480nm 파장광 중의 하나로 펌핑하면서 동시에 Tm이온을 780nm,  $1.1\mu\text{m}$  중의 하나로 펌핑하면  $1.5\mu\text{m}$  및  $1.6\sim 2.0\mu\text{m}$  대역의 이득을 구현할 수 있다.

#### 광 증폭기

본 발명에 따르면, 비교적 적은 개수의 광소자를 채용하면서도 광대역특성을 가지는 광 증폭기 및 광원을 만들 수 있기 때문에 장치의 소형화에 적합하다.

또한, Er이온에서 Tm이온으로 에너지를 전달하는 메커니즘을 이용할 경우, 광 펌핑수단의 수를 줄일 수 있으며, 적은 세기의 광 펌핑으로도 유효하게 장치를 동작시킬 수 있다는 장점을 갖는다.

#### 실시예 1의 구성

청구항 1. Er이온과 Tm이온이 공동으로 첨가된 코어를 가지는 유리 광도파로와;

상기 이온들을 여기시키기 위해 상기 광도파로에 광학적으로 접속된 광 펌핑수단과;

상기 광도파로에 증폭될 광을 입력시키는 수단과;

상기 광도파로로부터 증폭된 광을 출력하는 수단을 구비하는 광 증폭기.

청구항 2. 제1항에 있어서, 상기 유리 광도파로가 유리 광섬유인 것을 특징으로 하는 광 증폭기.

청구항 3. 제2항에 있어서, 상기 광 펌핑수단이, 상기 Er이온을 여기시키도록 상기 광섬유의 양단의 적어도 한쪽에 접속된 것을 특징으로 하는 광 증폭기.

청구항 4. 제2항에 있어서, 상기 광 펌핑수단이 상기 Er이온 및 Tm이온을 각각 여기시키도록 별개로 마련되며, 상기 광섬유의 양단의 적어도 한쪽에 접속된 것을 특징으로 하는 광 증폭기.

청구항 5. 제4항에 있어서, 상기 Er이온을 여기시키기 위한 광 펌핑수단은 800, 980 및 1480nm로 구성된 파장군으로부터 선택된 어느 하나의 파장의 펌핑광을 방출하며, 상기 Tm이온을 여기시키기 위한 광 펌핑수단은 780, 1000 ~ 1200nm의 파장범위에서 선택된 어느 하나의 파장의 펌핑광을 방출하는 것을 특징으로 하는 광 증폭기.

청구항 6. 제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 Er이온 및 Tm이온의 첨가농도가 모두 100 ~ 300ppm인 것을 특징으로 하는 광 증폭기.

청구항 7. 제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 코어에 Yb, Ho, Pr 및 Tb로 구성된 희토류 원소군으로부터 선택된 어느 하나의 원소의 이온을 더 첨가한 것을 특징으로 하는 광 증폭기.

청구항 8. Er이온과 Tm이온이 공동으로 첨가된 코어를 가지는 유리 광도파로와;

상기 이온들을 여기시키기 위해, 상기 광도파로에 광학적으로 접속된 광 펌핑수단과;

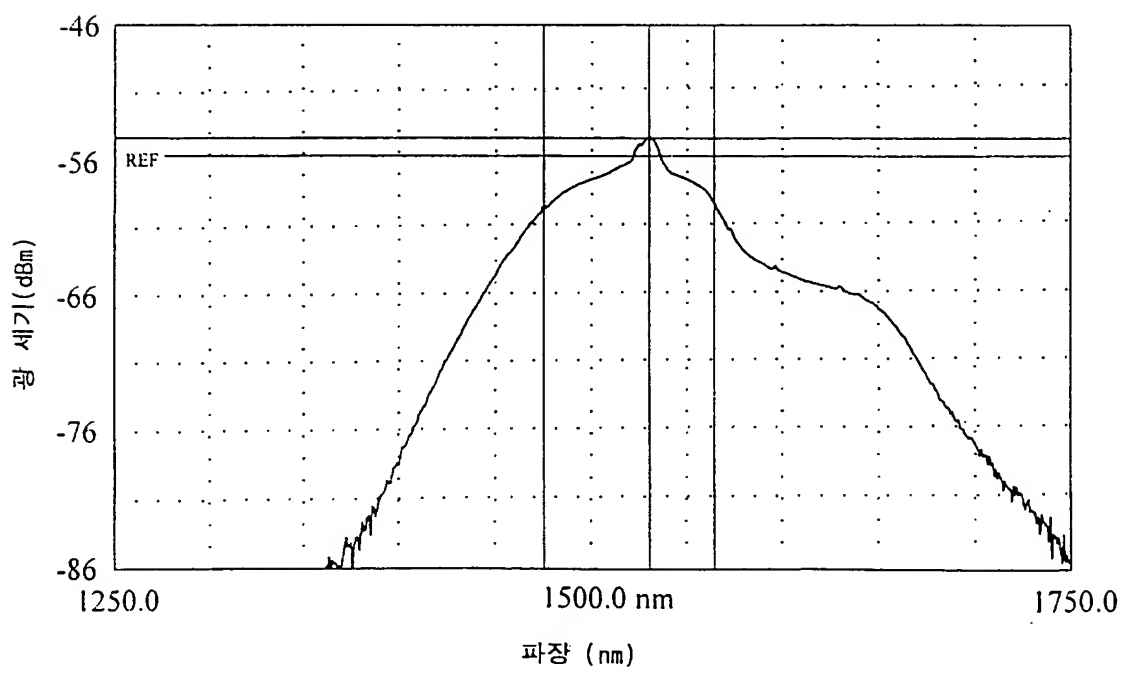
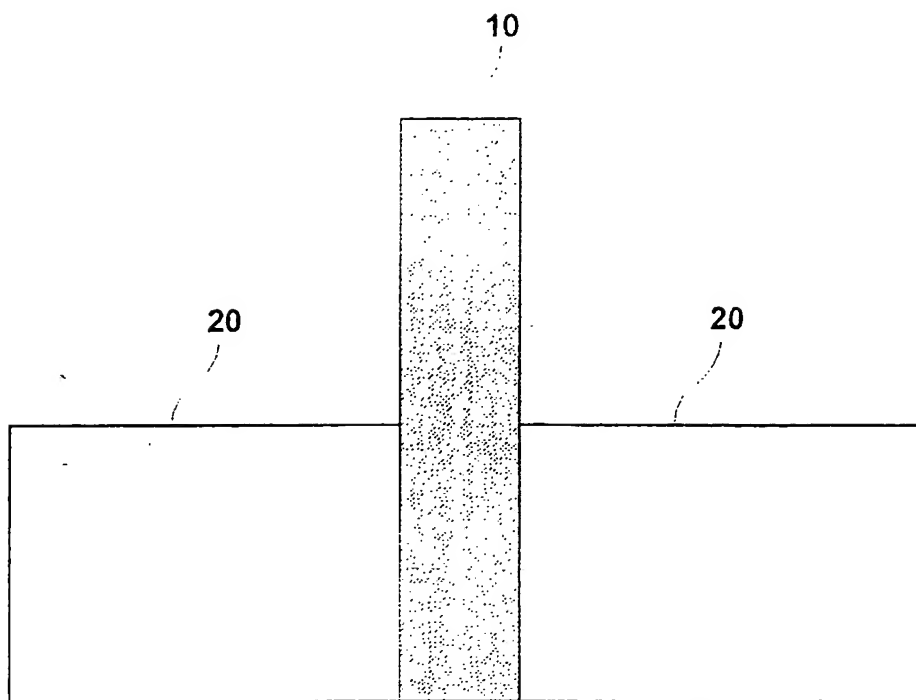
상기 광도파로로부터 광을 출력하는 수단을 구비하는 광원.

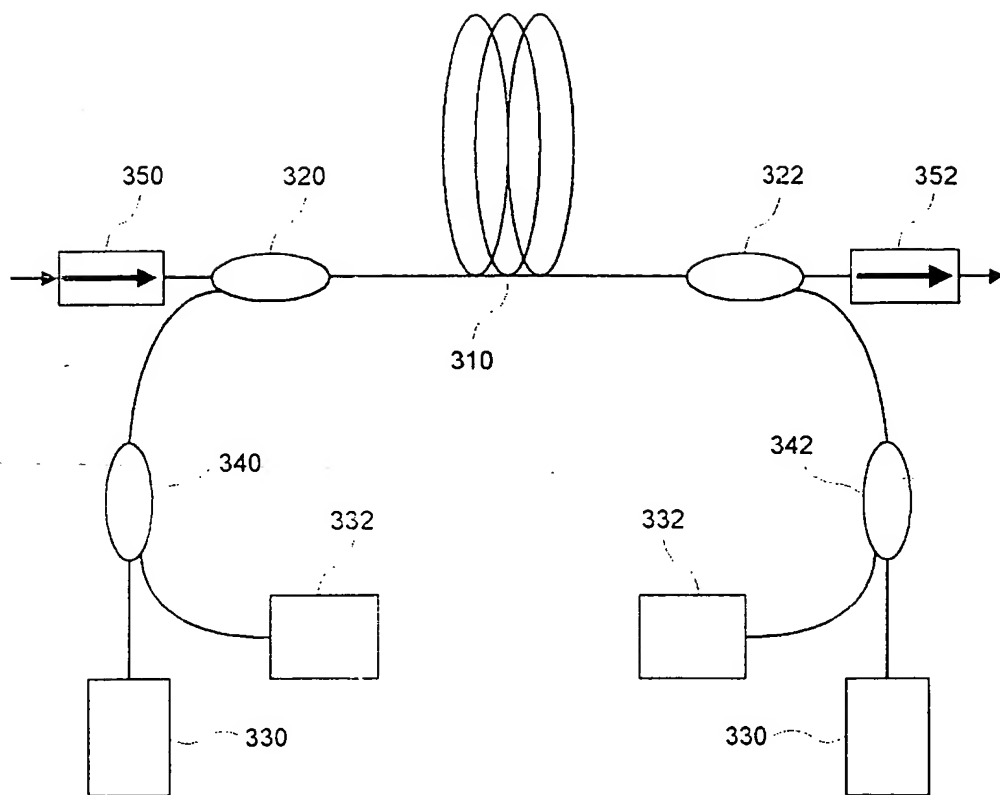
청구항 9. 제8항에 있어서, 상기 코어에 Yb, Ho, Pr 및 Tb로 구성된 희토류 원소군으로부터 선택된 어느 하나의 원소의 이온을 더 첨가한 것을 특징으로 하는 광원.

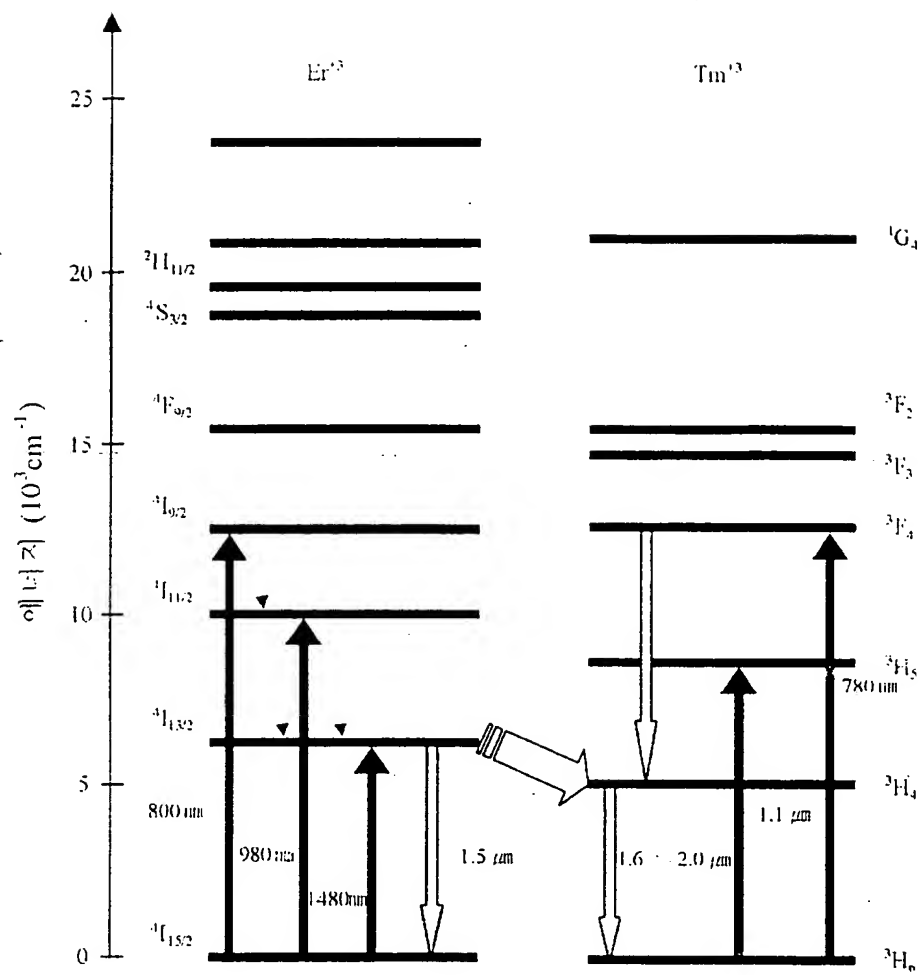
청구항 10. 제8항 또는 제9항에 있어서, 상기 광도파로가 유리 광섬유인 것을 특징으로 하는 광원.

청구항 11. 제8항 또는 제9항에 있어서, 상기 광도파로가 공진기의 일부에 해당하도록 하여 레이저 출력광을 방출하는 것을 특징으로 하는 광원.

청구항 12. 제11항에 있어서, 상기 광도파로가 유리 광섬유인 것을 특징으로 하는 광원.







**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKewed/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**